

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY

Možné inovace ve využití glass cockpitu letadla

Innovation Possibilities by the Aircraft's Glass-Cockpit Utilization

Student:

Martin Kubáň

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Martinec, CSc.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Kubáň

Studijní program:

B3712 Technologie letecké dopravy

Studijní obor:

3708R037 Technologie provozu letecké techniky

Téma:

Možné inovace ve využití glass-cockpitu letadla
Innovation Possibilities by the Aircraft's Glass-Cockpit Utilization

Zásady pro vypracování:

1. Analýza konstrukčního řešení kabiny letounu s přechodem na Glass-cockpitu.
2. Ergonomie klasického řešení kabiny a Glass-cockpitu letadla.
3. Směrování vývoje a další využití možností Glass-cockpitu letadla.
4. Návrh a částečná realizace výukového programu Glass-cockpitu letadla.

BP musí v rámci úvodu obsahovat kapitulu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Volner, R.: Digitální technologie – Elektronické přístrojové systémy. Ostrava: VŠB-TUO. 2007.
Kollár, Maider: Letecké elektronické systémy, I. Část. Brno: VA Brno,
Čižmár: Letecké přístroje. Brno: VAAZ, Brno. 1985.
http://en.wikipedia.org/wiki/Glass_cockpit

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Martinec, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem veškerou použitou literaturu a podklady.“

V Ostravě 23. května 2011

Martin Kubáň

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 23. května. 2011

Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Kubáň

Adresa trvalého pobytu autora práce:

U Tatry 1485 Příbor, 74258

Anotace bakalářské práce

KUBÁŇ, M. Možné inovace v glass – cockpitu letadla: bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická Univerzita Ostrava, Fakulta Strojní, Ústav letecké dopravy, 2011, 45 stran, Vedoucí práce: Ing. Fr. Martinec, CSc.

Bakalářská práce se zabývá problematikou inovací zobrazovací techniky v pilotní kabině. Skládá se ze dvou hlavních částí, a sice teoretické a praktické – návrh výukového programu. V jednotlivých kapitolách můžeme najít historicky vývoj palubních přístrojů, přehled současné technologie, možné směřování podle jednotlivých výrobců. Poslední kapitola řeší návrh a samotnou realizaci výukového programu. Výukový program se snaží jasně a přehledně přiblížit tuto problematiku širšímu okolí, a to pomocí obrázků, videí a interaktivní kabiny.

KUBÁŇ, M. Innovation Possibilities by the Aircraft's Glass – Cockpit Utilization: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Air Transport, 2011, 45 pages, Thesis head: dr. Fr. Martinec.

This bachelor's thesis explores various aspects of glass cockpit innovations. It consists of two main parts: theoretical and practical (the latter representing an educational program design). Individual chapters cover a historic development of flight instruments, an overview of current technologies or possible future enhancements by individual manufacturers. The last chapter is devoted to the actual design and implementation of an educational program. The educational program tries to introduce and clarify this topic to a wider public using pictures, videos and interactive applications.

Obsah

0. Seznam použitých zkratk	7
1. Úvod	10
2. Stanovení cílů práce	11
3. Historický vývoj palubních přístrojů	12
3.1 Přístroje nulté generace	12
3.2 Přístroje první generace	13
3.3 Přístroje druhé generace	14
3.4 Přístroje třetí generace	15
3.5 Organizace a předpisy	16
4. Ergonomie kabiny	17
5. Přehled současně používaných technologií	22
5.1 Rozdělení palubních přístrojů	22
5.2 Požadavky pro použití přístrojů	22
5.3 Přejchod mezi druhou a třetí generací	24
5.4 Třetí generace přístrojů	25
6. Připravované inovace	28
6.1 Gulfstream Aerospace Corporation	28
6.2 Airbus S. A. S	34
6.3 The Boeing Company	36
6.4 Shrnutí, filozofie	40
7. Návrh výukového programu	41
8. Zhodnocení cílů	42
9. Závěr	43
Použitá literatura	44

0. Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ADC	Air Data Computer	Aerometrický počítač
ADF	Automatic Direction Finder	Automatický rádiový kompas
AGL	Above Ground Level	Výška nad zemí
APU	Auxiliary Power Unit	Přídavná pohonná jednotka
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATOW	Actual Take Off Weight	Aktuální vzletová hmotnost
A/T	Autothrottle	Automat tahu
CDU	Control Display Unit	Blok řízení indikátoru
CFIT	Controlled Flight Into Terrain	Řízený let do terénu
CRT	Cathode Ray Tube	Katodový paprsek
DEP	Design Eye Position	Zornému úhlu očí pilota
DME	Distance Measuring Equipment	Zařízení pro určení šikmé vzdálenosti
DVI	Direct Voice Input	Přímý hlasový vstup
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropské sdružení civilního letectví
ECAM	Electronic Centrized Aircraft Monitoring	Centrální monitorovací systém letadla
EFB	Electronic Flight Bag	Elektronická dokumentace
EFIS	Electronic Flight Instrument System	Elektronický systém letových přístrojů
EICAS	Engine Indication and Crew Alerting System	Indikační a varovný systém motoru
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System	Vylepšený systém hlášení blízkosti země
EADI	Electronic Attitude Director Indicator	Ukazatel vertikální situace
EHSI	Electronic Horizontal Situation Indicator	Ukazatel horizontální situace
EVS	Enhanced Vision System	Vylepšený systém zobrazování
FAA	Federal Aviation Administration	Federální úřad pro letectví
FBW	Fly By Wire	Elektro impulzivní řízení
FCU	Flight Control Unit	Jednotka řízení letu
FD	Flight Director	Letový povelový přístroj
FLIR	Forward Looking Infra Red	Infračervená termokamera
FMC	Flight Management Computer	Počítač řízení a plánování letu
FMS	Flight Management System	Systém řízení a plánování letu

GPS	Global Positioning System	Globální družicový polohový systém
GS	Ground Speed	Traťová rychlost
HD	High Definition	Vysoké rozlišení
HOTAS	Hands On Throttle And Stick	Ovladače na kniplu a plynové páce
HUD	Head Up Display	Průhledový displej ve výšce očí pilota
ICAO	Internacional Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace civilního letectví
ILS	Instrument Landing System	Systém přesného přiblížení
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
IRS	Inertial Reference System	Inerční referenční systém
INS	Inertial Navigation System	Inerční navigační systém
INAV	Interactive Navigation	Interaktivní navigace
JAA	Joint Aviation Authorities	Sdružené letecké úřady
JAR	Joint Aviation Requirements	Sdružené letecké předpisy
LCD	Liquid Crystal Display	Displej z tekutých krystalů
LVP	Low Visibility Procedures	Postupy za snížené dohlednosti
MCP	Mode Control Panel	Ovládací panel autopilota
MEL	Minimum Equipment List	Seznam minimálního vybavení
MFD	Multi Function Display	Vícefunkční ukazatel
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
ND	Navigation Display	Ukazatel navigační situace
PFD	Primary Flight Display	Primární letový ukazatel
QRH	Quick Reference Handbook	Příručka postupů
RAF	Royal Air Force	Vzdušné síly Spojeného království
SID	Standard Instrument Departure	Standardní přístrojová odletová trať
STAR	Standard Terminal Arrival Route	Standardní přístrojová příletová trať
SWIR	Short Wave Infra Red	Krátkovlnné infračervené pásmo
TAS	True Air Speed	Pravá vzdušná rychlost
TAWS	Terrain Awareness and Warning System	Systém terénního povědomí a varování
TCAS	Traffic Collision Avoidance System	Systém varování a předcházení kolizím

VFR	Visual Flight Rules	Pravidla pro létání za vidu
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Range	Velmi krátkovlnný všesměrový maják
VGS	Visual Guidance System	Vizuální navigační systém
WXR	Airborn Weather Radar	Povětrnostní radar

1. Úvod

Letecká doprava je dnes nejprogresivněji rozvíjejícím se odvětvím techniky. Tato práce podává ucelené informace o historickém vývoji přístrojů, současném stavu a možném budoucím směřování avionických systémů. Neklade si za cíl vyjmenovat nejrozumnější palubní přístroje a popsat jejich princip. Za tímto účelem bylo vydáno mnoho vědeckých publikací a skript. Celá práce je směřována spíše k větším dopravním letounům a jejich palubním systémům.

Obsahem první kapitoly je historický vývoj palubních přístrojů od počátku létání po nejmodernější systémy dneška. Druhá kapitola pojednává o principech a zásadách, kterými se vývoj, zejména uspořádání kabiny řídí. Třetí kapitola popisuje ergonomii kabiny a její vliv na rozložení prostoru. Čtvrtá kapitola nám přibližuje systémy, které můžeme vidět ve většině dopravních letadel dnešní doby. V páté kapitole se můžeme seznámit s vymoženostmi, které jsou právě ve vývoji. V poslední, šesté kapitole autor popisuje návrh a realizaci výukového programu, který je praktickou částí této bakalářské práce.

2. Stanovení cílů práce

Cílem této bakalářské práce je odhadnout možné směřování vývoje kabiny letadla. Součástí práce je realizace výukového programu.

3. Historický vývoj palubních přístrojů

Technický rozvoj všeobecně, a letecká doprava obzvlášť, byl a je stále více pod velkým tlakem společnosti. Cestující chtěli být přepravováni v noci, za špatného počasí, nestačilo jim létat pouze ve dne. To s sebou neslo nutně požadavky na rozvoj letecké techniky, palubního vybavení, přesnost a spolehlivost přístrojů a systémů.

Vývoj leteckých přístrojů je a byl úzce spjat s vývojem letadel. Jak rostly nároky na řízení letounu při letech ve větších výškách nebo při nízké dohlednosti, zvětšoval se počet přístrojů nutných k zajištění. Rovněž vývoj pohonných jednotek vyžadoval postupně složitější měřicí techniku ke kontrole jejich funkčnosti. Z historického hlediska lze vývoj přístrojové techniky rozdělit na následující období.

3.1 Přístroje nulté generace

Provozované na letadlech zhruba do roku 1940. Jednalo se o několik málo samostatně fungujících přístrojů, převážně mechanických, nelze ještě hovořit o přístrojových systémech. Obr. 2. 1 zobrazuje pilotní prostor letounu z První světové války.



Obr. 3. 1: Cockpit letounu Sopwith Camel z roku 1916

3.2 Přístroje první generace

Najdeme je v kabinách letadel v období let 1940 – 1960. Jedná se zejména o generaci přístrojů převzatých z vojenských letadel druhé světové války a poválečného období. V této době se objevují první přístrojové systémy, tj. soubory vzájemně propojených prvků, určených ke společnému řešení daného úkolu. Tyto systémy pracují převážně na analogovém principu. Prudce vzrostl počet měřených a zobrazovaných veličin fyzikálního charakteru a vzrostl rovněž počet prostředků radiotechnického zabezpečení. Následkem toho se zhoršilo rozložení palubní desky, vzrostly požadavky a náklady na údržbu palubních přístrojů. S nárůstem počtu vyrobených letadel se zvyšoval i počet výrobců přístrojové techniky. Přístroje a systémy však nebyly konstrukčně ani signálově kompatibilní, což zvyšovalo nároky na jejich vývoj, provoz a údržbu. Na obrázku 2. 2 můžeme vidět klasické zobrazovací prostředky typické pro toto období.



Obr. 3. 2: Cockpit letounu Boeing 707 z roku 1958

3.3 Přístroje druhé generace

Tyto se používaly na letadlech od roku 1960 do roku 1975. Jednalo se zejména o přístrojové vybavení letadel s reaktivním pohonem, které je náročnější než u letadel vrtulových. Dochází k dalšímu zvýšení počtu měřených veličin a parametrů, především na motorech a konstrukci letadla. Vyrůstají rovněž vyšší nároky na přesnost měření, spolehlivost a odolnost přístrojů proti vnějším vlivům. Charakteristickým znakem je využití polovodičů v analogových obvodech palubních přístrojů a systémů. V oblasti letových a navigačních přístrojů jsou vyvíjeny složité gyroskopické systémy doplněné elektronikou, které spolu se zlepšenými radiotechnickými prostředky umožňují létání za snížené viditelnosti. K zdokonalení autopilota byly potřeba přesnějších měření motorových, letových, navigačních parametrů. Velký důraz byl kladen na spolehlivost přístrojů a systémů, jejichž funkce jsou pravidelně kontrolovány a po určitém počtu hodin jsou přístroje vždy měněny bez ohledu na správnou funkci. Rychle se rozvíjely také systémy pro diagnostiku palubních přístrojů a na většině letadel byly zastavěny palubní zapisovače. Obrovský význam má vývoj vojenských letadel a jejich přístrojového vybavení, které většinou předchází vybavení civilních letadel. Většina letadlových přístrojů a systémů tohoto období pracovala na analogovém principu. Teprve v sedmdesátých letech se objevily na palubách letadel první číslicové počítače. Obrázek 2. 3 zobrazuje pilotní prostor letounu druhé generace.



Obr. 3. 3: Cockpit letounu Boeing 737 – 200 z roku 1968

3.4 Přístroje třetí generace

Zahrnuje zhruba období po roce 1975. Již začátek tohoto období je charakteristický přechodem na digitální techniku, umožňující využití mikroprocesorů a počítačů. To vedlo k vývoji složitých integrovaných systémů, které umožňují snímat a zpracovávat skupinu veličin, které se dříve vyhodnocovaly odděleně. Typický palubní systém této generace je například aerometrický nebo inerciální navigační systém, sestává z několika set prvků, řady elektronických obvodů a několika dalších podsystémů propojených vzájemnými vazbami. Důležitá je rozsáhlá normalizace, která umožňuje sestavit tento systém z komponent vyráběných různými výrobci. Dochází rovněž ke změně ve způsobu zobrazení měřených parametrů v pilotní kabině. Analogové elektromechanické ukazatele systému druhé generace jsou nahrazeny zobrazovacími displeji. Ty umožňují změnu volby zobrazení výstupu několika systémů podle toho, který z nich pilot právě potřebuje a umožňují i číslcové zobrazení údaje. To se využívá například při zobrazení motorových veličin, kde je zpravidla hlavní analogový údaj doplněn číslcovým. Také elektrické dálkové přenosy jsou z velké části prováděny pomocí normalizovaných datových sběrnic. Diagnostické systémy rozmístěné na letadle průběžně kontrolují správnou funkci přístrojových systémů, což umožňuje neomezenou dobu jejich provozu, nejčastěji do vzniku závady. Důkladněji si to rozebereme v následujících kapitolách. Na obr. 2.4 jsou patrné prvky třetí generace (rozsáhlé zobrazovací jednotky, dále v dnešní době stále nadstandartní průhledové displeje).



Obr. 3. 4: Cockpit letounu Boeing 787 Dreamliner z roku 2009

Celá technická oblast, která využívá na palubě letadla slaboproudé elektrické signály a jejich následné zpracování provádí pomocí elektronických obvodů, se nazývá avionika. Na rozdíl od předchozích generací činí v mnoha případech náklady na přístrojové systémy současných letadel velice nákladnou část celkových nákladů.

3.5 Organizace a předpisy

Protože letecká doprava je globální, musí pro ni platit určitá pravidla, zásady a úmluvy, jimiž se řídí vždy a za každých okolností. Ty jsou výsledkem práce řady mezinárodních organizací, které se zabývají činnostmi v jednotlivých oblastech letectví. Stěžejní organizací je ICAO (Internacional Civil Aviation Organization - Mezinárodní organizace civilního letectví) sídlící v Montrealu, ECAC (European Civil Aviation Conference - Evropské sdružení civilního letectví), jejíž součástí jsou JAA (Joint Aviation Authorities - Sdružené letecké úřady), které vydávají JAR (Joint Aviation Requirements - Sdružené letecké předpisy). Ke dni 30. 9. 2009 ukončilo JAA svou činnost a bylo plně nahrazeno organizací EASA (European Aviation Safety Agency – Evropská agentura pro bezpečnost v letectví), která vydává předpisy – nařízení Komise ES/EU. Platnost předpisů JAR se ukončením činnosti JAA nemění, nicméně, s ohledem na závazky plynoucí pro Českou republiku z jejího členství v Evropské unii, Ministerstvo dopravy průběžně vyřazuje ty letecké předpisy JAR, které se z důvodu stejného obsahu s předpisy Evropských společenství EU/ES shodují. Problematika leteckých organizací a předpisů je natolik rozsáhlá, že není možné ji pokrýt v rozsahu, který by vyžadovala.

4. Ergonomie kabiny

Slovo Ergonomie je převzato z anglického *Ergonomics*, které pochází z řečtiny, kde slovo *ergo* = práce a *nomos* = přírodní zákon. Ergonomie je definována jako „věda o výkonnosti člověka v jeho pracovním prostředí“. S tímto termínem se setkáváme při studiu vztahů člověk – stroj, nebo také v širším pojetí, kdy pojem ergonomie zahrnuje oblasti lidského chování a výkonnosti.

Návrh pilotního prostoru

Ve dvacátých letech dvacátého století bylo na většině osobních letadel uspořádání řešeno tím způsobem, že posádka seděla v otevřené kabině, zatímco pasažéři seděli uvnitř v trupu. Vojenské dvojplošníky, první jednomotorové stíhací a útočné letouny měly také otevřené kabiny pilota až do druhé světové války. První dopravní letadla s uzavřenou pilotní kabinou se objevily ve 30. letech. Otevřená pilotní kabina se začala vytrácet až v polovině padesátých let, s výjimkou školních a zemědělských letounů.

Pro správnou funkčnost musí být letová paluba považována za funkční systém jako celek, nikoliv jako soubor samostatných aspektů. Pro návrh těchto systémů musí být aplikováno odborné hledisko takovým způsobem, aby systémy zohledňovaly potřeby člověka a jednotlivé činnosti. Je velmi důležité patřičně přizpůsobit pracovní prostředí rozměrům a charakteristikám člověka, např. velikost, tvar a pohyby těla poskytují údaje důležité pro zajištění správného výhledu z kabiny letounu, pozice nebo vzhled ovladačů a sedadel. Ergonomie a lidský činitel jsou důležitými prvky při navrhování moderní pilotní kabiny. Rozvržení a funkce kabiny jsou navrženy k tomu, aby zvýšily přehlednost přístrojů bez přetížení nepotřebnými informacemi. V minulost byli piloti omezováni minimální prostorností kabin, obzvláště v bojových letounech. V dnešní době jsou pilotní kabiny navrženy k tomu, aby vyhověly z jednoho procenta ženským fyzickým předpokladům a devadesáti devíti procenty mužským.

Rozvržení pilotního prostoru, zvláště v armádním proudovém letadle, muselo podstoupit standardizaci, aby se sjednotilo rozmístění jednotlivých přístrojů mezi výrobci, často z různých států. Jeden z nejdůležitějších vývojových trendů je „basic T“ (rychloměr,

umělý horizont, výškoměr, zatačkoměr se sklonoměrem, gyrokompas, variometr), vyvinutý v 1937 RAF (Royal Air Force – Vzdušné síly Spojeného království), navržený k tomu, aby optimalizoval skenování přístrojů pilotem. Důležitost standardizace rozložení palubní desky vyplývá z požadavku bezpečnosti, protože došlo k mnoha chybám způsobených různým rozložením palubní desky, zahrnujících neúmyslné zaměnění si provozních postupů s letadlem, které pilot létal v minulosti. Rozvržení ovládacích panelů v moderních dopravních letadlech se stává velkou měrou jednotné bez ohledu na výrobce. Většina systémů má ovládací prvky (například elektrický systém, palivo, hydrauliku a přetlakování) umístěny na stropním panelu. Ovládací prvky rádia, autopilota, radaru a TCAS jsou obecně umístěny na panelu ovládání motorů mezi sedadly pilotů. Ovládací prvky autopilota jsou obvykle umístěny těsně pod čelním sklem a nad hlavním panelem přístrojů. Nejmodernější kabina také zahrnuje nějaký druh integrovaného hlásného systému. Patříčná pozornost musí být věnována návrhu pilotní sedačky, která by měla zahrnovat systém nastavování sedadla jak výškového, tak všesměrového, opěrku hlavy, potahy, stehenní a bederní opěrky, bezpečnostní pásy, a tak dále.

Zobrazovacími prostředky myslíme jakýkoliv prostředek pro prezentaci informací pilotovi. Zobrazovací jednotka (displej) využívá nejčastěji vizuální a sluchové smysly pilota. Přenos informace z displeje do mozku vyžaduje tuto informaci získat, uložit a dále zpracovat, což může způsobit problémy, a proto jsou zejména tyto aspekty velmi důležité při realizaci návrhu vzhledu zobrazovacích jednotek. Informace by měla být prezentována takovým způsobem, aby napomáhala zpracování lidským mozkem nejen za normálních okolností, ale i v případech, kdy je lidská výkonnost ovlivněna stresem nebo únavou. Trendem je snižovat počet informací, popřípadě aspoň zjednodušit jejich zobrazení a přenos.

Přístrojové desky v klasickém slova smyslu jsou nyní téměř zcela nahrazeny elektronickými displeji, které jsou konstruovány tak, aby ušetřily místo. Jejich ovládací prvky jsou umístěny na ovládací prvky řízení a páky ovládání tahu motorů tak, aby mohl pilot sledovat přístroje a prostor mimo kabinu – proto se této koncepci říká HOTAS (*Hands On Throttle And Stick – Ruka na kniplu a plynové páce*). Tyto ovládací prvky mohou být pak dále doplněny novými kontrolními prostředky jako je například přilbový zaměřovač u vojenských letadel nebo DVI (*Direct Voice Input – Přímý hlasový vstup*). Velká pozornost je věnována hlasovým varovným a výstražným povelům a jejich dalšímu rozšíření. Pozornost konceptu v

návrhu kabiny pilota je věnována DEP (*Design Eye Position – Zorný úhel očí pilota*). Zásadní úvaha při designu zobrazovacích zařízení je určit za jakých okolností a kým bude toto zařízení používáno. Další zvážení zohledňuje charakteristiky a rozložení vizuálních zobrazovacích jednotek a sluchových signálů, dále světelné podmínky v kabině, možnost výběru mezi analogovými a digitálními zobrazovacími prostředky, uplatnění LED diod, LCD (*Liquid Crystal Display – displej z tekutých krystalů*) nebo CRT (*Cathod Ray Tube – katodová trubice*) technologií, úhel pohledu a vzdálenost zobrazovaných informací.

V moderní elektronické kabině jsou za základní letové přístroje považované tyto: MCP, PFD (*Primary Flight Display – Primární letový ukazatel*), ND (*Navigation Display – Ukazatel navigační situace*), EICAS, FMS (*Flight Management System – Systém řízení a plánování letu*)/CDU (*Control Display Unit – Blok řízení indikátoru*) a záložní přístroje.

Mode Control Panel

Ovládací panel autopilota je obvykle dlouhý úzký panel umístěný uprostřed před pilotem, bývá používán pro směr letu (HDG), rychlost (SPD), nadmořskou výšku (ALT), vertikální rychlost (V/S), vertikální navigaci (VNAV) a horizontální navigaci (LNAV). Jsou zde umístěny hlavně ovladače FD (*Flight Director – Letový povelový přístroj*), autopilota a A/T (*Autothrottle – Automat tahu*). Tento panel je obvykle označován jako "glareshield panel". MCP je označení pro ovladač u letadel Boeing, stejná jednotka na Airbusu se nazývá FCU (*Flight Control Unit – Jednotka řízení letu*).

Monitorování motorů

EICAS (používaný u Boeingu) nebo ECAM (pro Airbus) umožňuje pilotovi zobrazit následující informace: hodnoty otáček N1, N2 a N3, teplotu paliva, průtok paliva, elektrickou instalaci, teplotu a tlak v kabině, polohu řídicích ploch a tak dále.

Flight Management System

FMS je pilotem používán k tomu, aby mohl zadat a kontrolovat následující informace: letový plán, regulovat otáčky motoru, kontrolovat navigaci, rychlost, palivové výpočty, a tak dále.

Záložní přístroje

V případě selhání primárních zdrojů energie, vstupních nebo výstupních dat, nám sada záložních přístrojů zobrazuje základní informace, kterými jsou: rychlost, nadmořská výška letu, zeměpisná poloha, a poloha letounu vůči přirozenému horizontu.

Řídicí systémy a ovládací prvky

Ovládací systémy obsahují: tlačítka, knoflíky, spínače, páčky, přepínače, kolečka, a další prvky. Druh ovladače závisí na funkčních požadavcích a potřebných silách pro manipulaci. Ve většině kokpitů bývá řídicí sloupek nebo ovládací páka umístěná centrálně (mezi nohama pilota), ačkoli v některých armádních letadlech a v poslední době i v některých komerčních dopravních letadlech pilot používá sidestick (obvykle lokalizovaný na vnější straně kokpitu, pro druhého pilota vpravo, pro kapitána vlevo).

Ve fázi pojíždění a přistání je důležitý zejména výhled z kabiny. Okna kabiny mohou být vybaveny sluneční clonou, popřípadě filtrem pro pohlcení škodlivých záření. Postranní okna pilotního prostoru mohou být otevíratelné ve chvíli, kdy letadlo stojí na zemi. Téměř všechna okna v letadlech mají antireflexní nátěr. Integrovaný topný článek slouží k tomu, aby se na oknech netvořil led. Menší letadla bývají vybavena průhledným krytem celé kabiny.

Technologie leteckého průmyslu

Ve Spojených státech FAA (*Federal Aviation Administration – Federální úřad pro letectví*) a NASA (*National Aeronautics a Space Administration – Národní úřad pro letectví a kosmonautiku*) zkoumal ergonomická hlediska návrhu kabiny a vedl vyšetřování leteckých nehod, které byly zapříčiněny selháním lidského faktoru. Návrh rozložení kabiny zahrnuje

tyto vědy: Neurobiologii, Interakci počítač - člověk, Antropometrii, Fyziologii, Psychologii, a jiné.

Ergonomické simulace

Důležitým prvkem vývoje a konstrukce pilotních prostorů jsou počítačové modely a simulace provedené během vývoje kabiny, které potvrdily významný potenciál moderních počítačových ergonomických simulací. Lidský činitel byl zahrnutý do plánu a konstrukce pilotního prostoru od samého počátku vývoje bez potřeby stavět drahý skutečný model kabiny. Další doladování pilotního prostoru se již budou dotýkat přizpůsobení výroby a údržby s cílem dosáhnout ve zmíněných oblastech maximálního komfortu, konkurenceschopnosti a hlavně spokojenosti uživatele – zákazníka.

Ergonomie – shrnutí

Současným trendem předních výrobců avioniky je snížit počet zobrazovaných veličin, zjednodušit celkové ovládání. Příkladem můžou být dotykové displeje, průhledové displeje. Celá dnešní filozofie je postavena na principu „co funguje, nesvíí.“ Vše je sledováno na pozadí a signalizace se objevuje až při překročení daných limit.

5. Přehled současně používaných technologií

5.1 Rozdělení palubních přístrojů

Palubní přístroje letadel můžeme rozdělit podle několika hledisek: podle účelu, fyzikálního principu, způsobu napájení, přenosu signálu. Jiné rozdělení aplikujeme u letadel s přístroji druhé generace. Starší dopravní letadla, provoz všeobecného letectví. Třetí generace je použita u moderních dopravních letadel, jejichž avionika je tvořena několika komplexními systémy. Rozdílné je palubní vybavení vojenských letadel.

Základní požadavky na avionické vybavení letadel jsou dány předpisy, kterým musí letadlo vyhovovat. U nás platné předpisy, předepisující pro lety za VFR (*Visual Flight Rules – pravidla pro létání za vidu*) následující základní výbavu: magnetický kompas, palubní hodiny, barometrický výškoměr, rychloměr.

Všechny letouny letící podle pravidel IFR (*Instrument Flight Rules - Pravidla pro let podle přístrojů*), nebo za podmínek, při nichž se letadlo nemůže udržet v žádoucí letové poloze bez údajů jednoho nebo více letových přístrojů, musí být vybaveno těmito přístroji: zatačkoměrem s příčným sklonoměrem, ukazatelem letové polohy (umělý horizont), ukazatelem kurzu (směrovým setrvačником), zařízením pro kontrolu správné činnosti setrvačnickových přístrojů, dvěma barometrickými výškoměry, přístrojem udávajícím v kabině teplotu vnějšího vzduchu, palubními hodinami, rychloměrem se zařízením pro vyloučení účinků kondenzace nebo námrazy a variometrem.

5.2 Požadavky pro použití přístrojů

Palubní přístroje na palubě letounu určené k řízení letadla musí vyhovovat podmínkám letové způsobilosti, musí být podle těchto podmínek certifikovatelné. Certifikace se provádí podle předpisů JAR, předpisů řady L, nebo předpisů EU/ES.

Na rozdíl od běžně používaných měřících zařízení jsou na letecké přístroje kladeny podmínky vyžadující speciální konstrukci, použití prvků a materiálů, které těmto podmínkám vyhovují. Jedná se o následující základní požadavky:

- Spolehlivost při provozu – je jedním ze základních, dalo by se říci nejdůležitějších, požadavků, které klademe na palubní přístroje. U přístrojů druhé generace se spolehlivost zvyšovala zajištěním předepsaných pravidelných kontrol a jejich výměnou po určitém počtu nalétaných hodin. Přístroje třetí generace se provozují až do vzniku závady, a proto je jejich doba provozu neomezená. To vše je dáno úrovní diagnostiky, která v případě potřeby umožňuje kontrolu funkčnosti jednotlivých částí během letu a výpis hodnot po jeho skončení.
- Přesnost a citlivost – je většinou dána požadavky předpisů pro certifikaci.
- Odolnost – dalším velice podstatným požadavkem je odolnost proti vnějším vlivům, díky tomu se velmi výrazně liší od běžně používaných přístrojů. Zkoušenými vlastnostmi jsou například: vliv teplotních změn, změna tlaku, vibrace, vlhkost, prach, plísň, vliv magnetického pole, působení blesku, námraza apod.
- Malé rozměry a nízká hmotnost – nezanedbatelné zejména u malých letadel, kde je nedostatek prostoru a snaha ušetřit hmotnost je rovněž rozhodující.
- Snadná čitelnost – požadujeme jasnou čitelnost za všech meteorologických podmínek, ve dne i v noci. Použití antireflexních krytů a volitelná intenzita jasu jsou samozřejmostí.
- Rušení – přístroje nesmí být zdrojem rušení.
- Nízká spotřeba energie – přístroje nesmí nadměrně zatěžovat energetickou soustavu letounu, zejména u malých letadel, popř. po vysazení jedné větve generátorů.
- Aerodynamický odpor vnějších součástí – jedná se o antény, snímače tlaků, teplot apod.
- Snadná montáž – jednoduchá přístupnost a obsluha při údržbě, popř. výměně.
- Kompatibilita – je samozřejmostí pro použití avionických systémů od různých výrobců při vzájemné komunikaci přes datové sběrnice

5.3 Přechod mezi druhou a třetí generací

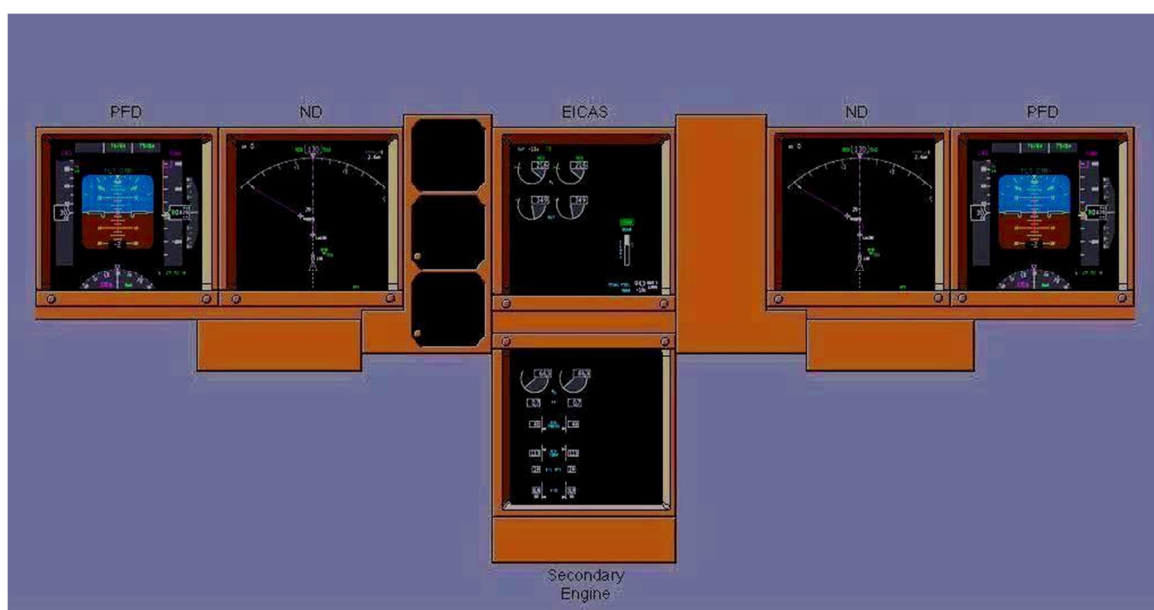


Obr. 5. 1: Levá strana přístrojů Boeingu 737 Classic

Na obr. 5 vidíme palubní desku středního dopravního letounu B737. Jde o klasickou ilustraci přechodu mezi druhou a třetí generací přístrojů. Přístroje jsou zobrazovány jak na obrazovkové displeje CRT nebo LCD obrazovky, tak jako klasické analogové ukazatele. Na horním displeji, označovaném jako PFD zobrazujeme umělý horizont. Na dolním displeji, označovaném jako ND zobrazujeme zvolené navigační prostředky, jako jsou například: ADF (*Automatic Direction Finder – Automatický rádiový kompas*), VOR/DME (*Very High Frequency Omnidirectional Range – VKV všesměrový maják/Distance Measuring Equipment – Zařízení pro určení šikmé vzdálenosti*), WXR (*Airborn Weather Radar – Povětrnostní radar*), ILS (*Instrument Landing System – Systém přesného přiblížení*) TCAS (*Traffic Collision Avoidance System - Systém pro varování a předcházení kolizím*). Oba displeje jsou definovány jako MFD (*Multi Function Display – Vícefunkční ukazatel*), tzn., že zobrazují námi zvolený režim. Klasické analogové přístroje zobrazují základní parametry. Zdrojovými parametry jsou INS (*Inercial Navigation System – Inerční navigační systém*) nebo IRS (*Inertial Reference System – Inerční referenční systém*), ADC (*Air Data Computer – Aerometrický počítač*) a radionavigační prostředky. Vzájemná komunikace těchto systému probíhá díky datové sběrnici. Ve střední části panelu jsou ukazatele motorových parametrů, záložní přístroje, indikátory slotů, klapky a podvozku.

5.4 Třetí generace přístrojů

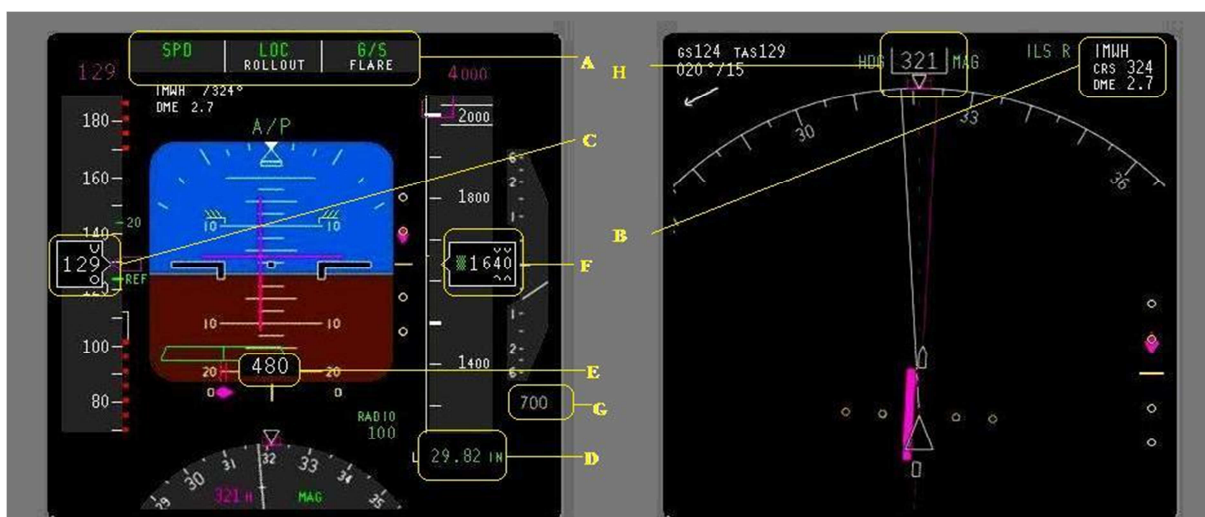
Střední a velké moderní dopravní letadla jsou z velké části vybavené avionickými systémy třetí generace. Odděleně měřené a zobrazované veličiny jsou komplexně vyhodnoceny a zobrazeny na obrazovkových displejích. Přístrojové vybavení se tedy skládá z několika vzájemně spolupracujících systémů. Hlavním zdrojem letových a navigačních informací je aerometrický počítač, INS nebo IRS, radiotechnické letové a navigační prostředky. Motorové parametry jsou zpracovány centrálně a zobrazeny pomocí primárního a sekundárního displeje (například u dopravních letadel Airbus A320 nebo Boeing 777), respektive pomocí jednotlivých analogovo – digitálních ukazatelů (například letoun Airbus A310). Kontrola draku se zpravidla provádí pomocí počítačového systému s výstupem na centrální multifunkční displej.



Obr. 5. 2: Rozložení displejů letounu Boeing 777

Obr. 6 zobrazuje základní rozložení přístrojů panelu dopravního Boeingu 777. Letoun je vybaven moderními avionickými systémy třetí generace, známými jako EFIS (*Electronic Flight Instrument System – Elektronický systém letových přístrojů*), charakteristickým rysem je minimální počet ukazatelů. EFIS je zpravidla tvořen pěti až šesti displeji, dva pro kapitána, dva pro druhého pilota, zbývající jeden až dva displeje jsou společné pro oba. Rychlost, výška, poloha vůči zemi jsou zobrazovány na EADI (*Electronic Attitude Director Indicator – Ukazatel vertikální situace*), častěji PFD. EHSI (*Electronic Horizontal Situation Indicator –*

Ukazatel horizontální situace), což je v podstatě zjednodušený ND, nám zobrazuje, kde se letoun nachází na trati a jeho polohu vůči navigačním prostředkům. Parametry motorů, nebo jednotlivých systému jsou zobrazovány na ECAM/EICAS (*Electronic Centralized Aircraft Monitoring – Centrální monitorovací systém letadla/Engine Indication and Crew Alerting System – Indikační a varovný systém motorů*) displejích. Zbývající tři, v našem případě, černé displeje jsou záložní rychloměr, výškoměr a umělý horizont. Důležitou součástí celého EFISu je generátor symbolů, dvojice displejů má vždy jeden, a navíc je jeden záložní pro všechny, tzn., že při šesti – displejovém uspořádání máme celkem čtyři generátory symbolů. Jednotlivé displeje jsou na principu MFD, což znamená, že si piloti vybírají pouze ten režim, který v dané fázi letu potřebují. Dalším trendem je tzv. „tmavá kabina“, která zastává teorii „co funguje, je zhasnuto.“ Indikace se rozsvítí až při vzniku závady. Vše si důkladněji vysvětlíme a rozebereme v praktické části této bakalářské práce.



Obr. 5. 3: Možné rozložení PFD a ND,

A Letoun je v režimu autoland, B ILS naladěn, C rychlost 129 kt¹,

D výškoměr nastaven na qnh 29,82 in², E radiová výška 480 ft³,

F nadmořská výška letadla je 1640 ft, G rychlost klesání 700 ft/min, H magnetický kurz 321

Pro přehled ukázka možných režimů nastavení ECAMu. Jsou to tyto veličiny: motorový systém (ENG), hydraulický systém (HYD), elektrické systémy – střídavý (AC), stejnosměrný (DC), rozvod vzduchu (BLEED), klimatizační okruh (COND), regulace tlaku

¹ 1kt = 1,852 km/h;

² 1 in Hg = 33,8636 hPa

³ 1ft = 0,3048 m

v kabině (PRESS), palivový systém (FUEL), APU (Auxiliary Power Unit – Přídavná pohonná jednotka), dveře (DOOR), kontrolní okruh podvozku (WHEEL). Celý systém pracuje ve dvou režimech, manuálním a automatickém. Informace o letu, závadách a doporučení se zobrazují automaticky, pilot si může manuálně „listovat“ v modech, které právě nejsou aktuální.

Většina zadávání vstupních parametrů do těchto systémů je prováděna přes CDU, což je vlastně vstupním zařízením do systému FMS. Další důležitou součástí FMS je FMC (*Flight Management Computer – Počítač řízení a plánování letu*). Dále jsou sledovány navigační informace z těchto navigačních systémů: ADF, DME, VOR, ILS, a jiné. Z aerometrické centrály jsou přivedeny signály TAS (*True Air Speed – Pravá vzdušná rychlost*) a výšky letadla. Z dat navigačních systémů a IRS nebo INS se vypočítává skutečná poloha letounu jako průměr daných radionavigačních dat. Výpočet je prováděn automaticky, vyhodnocený a chráněný proti chybám navigačního zdroje, které by mohly narušovat přesnost výpočtů. Hodnocení spočívá v monitorování odchylek mezi různými navigačními systémy a vyloučením údaje s největší chybou. Po získání přesné polohy letadla se počítají a porovnávají další data, jako je směr k traťovému bodu, vzdálenost traťovému bodu, složka větru, GS (*Ground Speed – Traťová rychlost*) a jiné. Tyto data se dále promítají přímo do EFISu. Navigační počítač zpracovává rovněž údaje o množství paliva na palubě letounu, dále okamžitou spotřebu paliva. Výsledkem toho je možné zjistit, zda letoun doletí do cílového letiště, nebo zda musí zvolit nějaké záložní. FMS ze zadaných hodnot, jako jsou množství paliva a hlavně Cost Index⁴, zaručuje, že let bude v jednotlivých fázích (vzlet, stoupání, let v hladině, klesání a přistání) co nejefektivnější a nejekonomičtější. Často bývá FMS propojen se systémem automatu tahu.

⁴ Cost index je velice složitý termín na vysvětlení i výpočet. V praxi tuto informaci dodává obchodní oddělení pilotům, kteří ji berou jako fakt. Zjednodušeně se dá popsat jako poměr mezi celkovými náklady na určitý čas provozu letadla (např. v Kč/hodinu letu) a celkové náklady na palivo (např. Kč/kg)

6. Připravované inovace

Hudbou pro nás piloty, doufám, velice vzdálené budoucnosti je absolutně samostatně fungující letadlo. Věřím, že technologie pro zvládnutí natolik náročného procesu, jako je kompletně celý let od pojíždění až po přistavení letounu k příletové hale bez sebemenšího zásahu člověka, už dnes existují. Naštěstí pořád existuje, a doufejme, že dlouho bude, velmi významný psychologický faktor, který nebude většina cestujících akceptovat. Samozřejmě, máme i dnes autonomní vlakové soupravy, metro. Jejich výhodou je, že v případě závady můžou zastavit a počkat na příchod kvalifikovaných osob, které rozhodnou co dále. Toto však u letadla učinit nelze.

Připravil jsem si přehled inovací, které jsou v současné době ve vývoji. Zvolil jsem rozdělení podle výrobců. Zajímavé je, že některé technologie jsou velice podobné, jiné však naprosto odlišné. Čas ukáže, která filozofie byla správná a která ne. Nezanedbatelným faktorem je finanční náročnost daného programu.

6.1 Gulfstream Aerospace Corporation

Je americký výrobce středních proudových letadel pro obchodní přepravu. Firma byla založena v roce 1957. Sídlo firmy je v Savannahu ve státě Georgia. Současná produkce zahrnuje od nejmenšího typu G250 (8 cestujících) až po právě vyvíjený největší letoun v této třídě G650 (18 cestujících), který se maximální cestovní rychlostí mach 0,995 stává nejrychlejším mezi dopravními letadly současnosti.

Head Up Display

Jedná se o polopropustné zrcadlo, na něž se z obrazovky o vysokém jasu promítají údaje potřebné k letu – například náklon a podélný sklon letadla, rychlost, výška, vzdálenost k cíli, vzdálenost k otočnému bodu atd. Nejdůležitější však je skutečnost, že obraz na HUDu je opticky promítán do nekonečna, takže pilot se vůbec nemusí dívat na přístroje v kabině, hledí před sebe a je o poloze letounu aktuálně a podrobně informován. Odpadá tak neblahý efekt přizpůsobování oční čočky při zaostřování zraku na přístroje v kabině a opětovném pohledu ven. Klasické přístroje na palubní desce jsou označovány jako Head Down Display

Planebook

Drží se hesla: „snadná údržba, rychlé přenášení a jednoduché používání pilotního manuálu. Prostě menší, rychlejší, lepší...“ Je nejnovějším pokrokem, který umožňuje mnohá vylepšení na palubě letounu i mimo ni. V podstatě jde o laptop na bázi Windows s dotykovým displejem, který obsahuje program PlaneBook. Tento program funguje absolutně bez omezení, umožňuje následující doplňky pro posádku: Hmotnost a vyvážení letounu, Jeppesen FliteDeck, JeppView pro Windows, informace o počasí, a jiné informace podle přání zákazníka.

PlaneBook, navržený týmem techniků a pilotů společnosti Gulfstream, poskytuje pilotům jedinečné „bezpapírové“ provedení příruček. Zobrazuje informaci přímo. Dokumenty nabízí jednoduchou a rychlou navigaci napříč kompletní soupravou pilotních příruček, což je umožněno díky použití technologicky spojené verze QRH (*Quick Reference Handbooku – Příručka postupů*). Představme si, že všechny informace, které potřebujete najít, najdeme přesně tam, kde potřebujeme. Velkým přínosem je možnost integrace map SID (*Standart Instrument Departure – Standartní přístrojová odletová trať*) a STAR (*Standard Terminal Arrival Route – Standartní přístrojová příletová trať*). Po přiletu do vašeho cíle funguje PlaneBook jako klasický laptop, kdy například během čekání na zákazníka můžeme trávit čas prohlížením internetu. Volitelné příslušenství: USB GPS, Bluetooth GPS přijímač, adaptér pro uchycení na berany letadla, baterie s prodlouženou výdrží.

SmartView

SmartView Synthetic Vision system – je prvním společným produktem firmy Honeywell a Gulfstream. SmartView je založen na spolehlivém základu EGPWS (*Enhanced Ground Proximity Warning System – Vylepšený systém hlášení blízkosti země*) a jeho databáze terénu. Spojením EGPWS databáze a HUD technologie poskytuje pilotům autentický a nepřetržitý pohled na jejich dráhu letu, terén a navigační prostředky. Synthetic Vision PFD nabízí posádkám letadla výhody poskytováním klíčových informací k předcházení řetězové reakci chyb, na jejímž konci je letecká nehoda, což zvyšuje úroveň bezpečnosti letecké dopravy. Informace o překážkách zlepšují pilotovo soustředění se v kritických letových fázích tím, že se automaticky generuje informace o překážce s dostatečným předstihem. Osvětlení

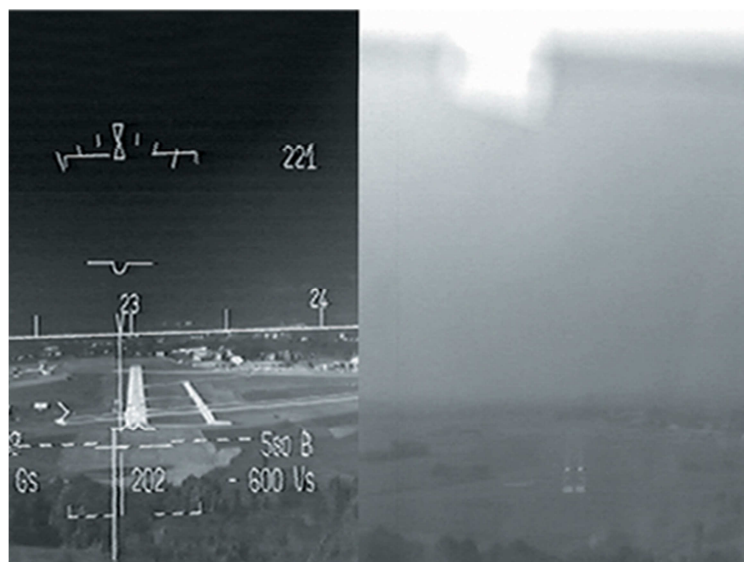
vzletové a přistávací dráhy a vysoce svítivá středová čára zobrazená na HUDu pomáhají pilotovi lépe lokalizovat svou polohu a navigovat letadlo směrem k ní. Pokročilý signalizátor neobvyklých poloh odstraňuje zobrazení terénu ve chvíli, kdy letadlo vstupuje do neobvyklé polohy, například let na zádech, aby se letoun mohl jednoduše a bezpečně vrátit do ustáleného letu. Displej zobrazující ve 3D pomáhá posádce vyhnout se nehodám typu "předčasné klesání," které se mohou vyskytnout při přeslechnutí pokynu mezi pilotem a ATC (*Air Traffic Control – Řízení letového provozu*)



Obr. 6. 1: Zobrazení v režimu Synthetic Vision

Enhanced Vision System

Podle tvůrců je EVS jedním z nejdůležitějších kroků vpřed v oblasti bezpečnosti letectví od zavedení revolučního systému ILS v roce 1929. EVS v kombinaci s VGS (*Visual Guidance System – Vizualní naváděcí systém*), dává pilotům vysokou úroveň informací o okolním terénu, o kterých mohli dříve jen snít. Systém poskytuje vizuální obraz okolí letiště a obklopujícího terénu v nočních podmínkách a podmínkách snížené dohlednosti. Zobrazuje posádce letadla vizuální podněty důležité pro bezpečnější přiblížení v hornatém terénu. Přenáší přesný obraz toho, jak to vypadá před letadlem a předkládá posádce letadla přímo to, co vidí – jasně a zřetelně. Velkou výhodou je, že na rozdíl od Synthetic Vision, EVS nemá žádnou databázi, proto odpadá aktualizace nebo údržba.



Obr. 6. 2: Vlevo zobrazení s EVS, vpravo tatáž situace bez EVS

Vývoj EVS požadoval specializovaný pokrok v infračervené zobrazovací technologii, inspirovaný technologií FLIR (*Forward Looking Infra Red – Infračervená termokamera*), kterou vyvinula a vyrábí společnost Kollsman. Spoluprací firem Gulfstream a Kollsman vznikla kamera, která operuje v SWIR (*Short Wave Infra Red – Krátkovlnné infračervené pásmo*). Tento senzor je speciálně laděný na frekvenci dráhových světél, a je velice citlivý na světlo v okolním prostředí. Kamera je umístěna pod nosem krytu antény radaru, a posílá obraz do HUDu, který předává pilotovi přesný a jasný obraz v podmínkách špatné dohlednosti. Dokonce i v noci EVS zobrazuje světelné značení vzletové a přistávací dráhy, pojezdové dráhy, silnice, krajinu. Velmi výrazně snižuje možnost pilotní nebo navigační chyby a následný CFIT (*Controlled Flight Into Terrain – Řízený let do terénu*), který je v dnešní době stále velkým nebezpečím.

Testovací piloti společnosti Gulfstream potvrdili velký skok ve sledování okolního terénu. Na ILS přiblíženích kategorie I, EVS – vycvičená posádka může dokonce sestoupit pod publikovaná minima 100 ft před vizuálním kontaktem se vzletovou a přistávací drahou nebo přiblížovacími světly. Gulfstream vybavený EVS může operovat s větší bezpečností v nočních podmínkách a za podmínek LVP (*Low Visibility Procedures – Postupy za snížené dohlednosti*). Tento systém je standardní součástí Gulfstreamu G450 a G550. Gulfstream nabízí EVS k instalaci na nových letadlech, nebo jako doplněk k již používaným letadlům Gulfstream V, Gulfstream IV-SP and Gulfstream IV. Hlavním cílem společnosti Gulfstream

je být první na trhu s dosud nepoužívanými technologiemi, které splňují, nebo dokonce převyšují přání zákazníka. Technologie EVS představuje revoluci v bezpečnosti létání.

PlaneView

V roce 1995 začala společnost Gulfstream rozhovory se společností Honeywell ohledně přehodnocení tradičního pohledu na glass cockpit. Následující nápadité myšlenky, odlišný pohled na současný stav, aplikace posledních odborných znalostí ohledně lidského činitele vyvrcholila v PlaneView kabinu.



Obr. 6. 3: Současný stav technologie PlaneView

Jedinečná implementace Honeywell Primus Epic soupravy, PlaneView buduje na schopnostech série představujících mnohé nové rysy a funkce, včetně EVS. PlaneView je jednoduše nejpokročilejší pilotní cockpit současnosti – v zobrazovací technologii, v systémech, členění přístrojové desky, ergonomii. INAV (*Interactive Navigation – Interaktivní navigace*) pokročilé doplňky ND přidávají překážky, terén, vertikální profil trati a další vybrané elementy. PlaneView spojuje nejlepší technologie dneška. Otevřená architektura poskytuje možnost snadno integrovat nové avionické technologie, které nejsou ještě dnes vynalezeny.

Pro vytvoření PlaneView byl sezván tým pilotů, kteří mají s letadly Gulfstream velké zkušenosti. V laboratořích firmy Honeywell bylo shromážděno velké množství informací a

poznatků, například reakce pilotů na velkoformátové displeje a grafické rozhraní. Později byly získány zpětné vazby od pilotů v testovacím zařízení, kde byl sestaven ve skutečném měřítku model cockpitu PlaneView, který byl plně funkční včetně integrace s řízeními systému draku letadel, motorovými přístroji a dalšími součástmi. Výsledky z těchto měření jsou velice cenné. Zajímavé je například zjištění, že piloti preferují menší počet zobrazovaných dat na displeji, příliš mnoho barev na displeji rozptyluje. Proto je zde snížen celkový počet používání barevných kombinací. Také je redukován prostor pro zmatek pilotů, který vzniká díky velkému množství ikon. Jsou použity displeje s jasnými symboly, slovy a běžné užívané zkratky. PlaneView nabízí integrovaný Jeppesen FlightDeck®, traťové a letištní mapy. Stává se tak prvním obchodním proudovým letadlem, které nabízí zákazníkům tuto výhodu.

Technologie použity v PlaneView Cockpitu

- Nová generace HUD systému
- Integrovaná technologie EVS pro lety v podmínkách zhoršené dohlednosti
- VGS/EVS schválený pro přiblížení do 100 ft AGL (*Above Ground Level - Výška nad zemí*)
- Čtyři 14 - ti palcové HD (*High Definition – Vysoké rozlišení*) LCD
- Každá obrazovka může být konfigurovaná pro zobrazení celé stránky nebo 2/3 displej s 2 dodatečnými 1/6 okny
- Dvakrát větší spolehlivost, až o 35% větší plocha displejů než předchozí systémy
- Poskytují posádce PFD, ND, synoptické a systémové displeje, EICAS
- Interaktivní uživatelské rozhraní pro PlaneView systém
- Kompatibilní s tradičními ovládacími prvky (ovládání EFISu, panel povětrnostního radaru, FMS)
- Trojitý FMS
- Data linková komunikace
- Schopnost zobrazit na displeji informace z libovolného zdroje (EVS, kamery)
- Elektronické záložní přístroje
- Záloha polohy letadla, nadmořské výšky, vzdušné rychlosti a kurzu letadla
- Zobrazuje VOR/DME, ILS, ADF and FMS informace

- I-NAV – zobrazuje mapu, zeměpisné informace, terén, letištní informace, navigační prostředky a postupy, plán letu
- Několikanásobně větší bezpečnost létání

6.2 Airbus S. A. S

Jde o poměrně mladou společnost, která vznikla v roce 1970. Firma, která dnes sídlí v Toulouse ve Francii, je největším světovým výrobcem civilních dopravních letadel podle počtu kusů prodaných za rok. Airbus dodal více letounů a získal více objednávek než jeho hlavní konkurent americký Boeing, který získal v roce 2010 530 objednávek, zatímco Airbus 574. Vlastníky společnosti Airbus jsou EADS (80%) a BAE Systems (20%), dvě největší evropské zbrojařské společnosti. Airbus zaměstnává kolem 50 000 lidí ve čtyřech evropských zemích: ve Francii, Německu, Velké Británii a Španělsku. Konečná montáž se provádí v Toulouse (Francie) a Hamburku (Německo). Hlavním, a dá se říci v dnešní době jediným, konkurentem Airbusu je Boeing, se kterým Airbus vede intenzivní obchodní a politickou válku.

Jednotná flotila

A330, A340 a A380 představuje podobné pilotní prostory a téměř totožné letové vlastnosti, umožňující pilotům přechod mezi jednotlivými typy bez větších problémů. Velice vysoká celosvětová četnost rodiny Airbus A320 vytváří velký základ posádek letadel Airbus, které jsou kvalifikované jejich typovým výcvikem. To umožňuje posádkám všech letadel Airbus, aby létaly všechny verze.

V budoucnosti se sníží výcvikový čas na přechod od jednoho Airbusu na další. K získání dalšího typového výcviku, bude stačit jen rozdílový výcvik. Dodatečně, piloti mohou létat více typů napříč flotilou Airbus použitím „Mixed Fleet Flying Concept“, mající za následek významné výhody pro letecké společnosti. Na palubách letadel Airbus se setkáváme s velice pokročilými soupravami avionických systémů, které zahrnují například: centralizovaný systém údržby, datovou komunikaci přes družice, TCAS, dvojité povětrnostní radar a EGPWS.

Podobnost pilotních prostorů není jediná. Společnost se snaží dodržovat postup maximálního použití stejných nebo podobných dílů a systémů, ovládacích panelů a postupů ve všech typech flotily. Následkem toho se posádky, palubní průvodčí i technici nemusí učit kompletně nové postupy, ale pouze rozdílové. Velikou výhodou je údržba, která je usnadněna vysokou kompatibilitou systémů a částí.

Výhody tohoto jedinečného přístupu zahrnují nesrovnatelnou flexibilitu, vysoce efektivní plánování a snížené výdaje. Piloti, letušky a podpůrný personál nepotřebují rozsáhlé množství výcviku, aby se přeškolil z jednoho typu letadla na další. Toto řešení zvyšuje produktivitu posádek a snižuje výdaje na jejich výcvik.

Nově použité technologie

Kabina velkokapacitního A380 posouvá rozvržení pilotního prostoru na novou úroveň. Osm velkých identických interaktivních displejů na hlavním panelu, zadávání vstupních parametrů pomocí dvojice klasických počítačových klávesnic. Displeje poskytují jasnější zobrazení dat, a jsou ještě rozšířeny dvojicí HUDu, které zvyšují přehled a soustředění pilota, zvláště během přiblížovacího a přistávacího manévru.

„Sidestick“ řízení

A380 je sice největší dopravní letadlo na světě, ale pilot, který létal A320 nebo jiný Airbus, se bude od prvního okamžiku cítit v kabině „jako doma“. FBW (*Fly By Wire – Elektro impulsivní řízení*), které nepoužívá klasické berany, ale „sidestick“ (laicky řečeno joystick, který vidíme doma u počítače), představený v roce 1987 na letadle Airbus 320, který je téměř identický i dnes, téměř po 25 letech. Samozřejmě, určité vylepšení byly provedeny, ale šlo spíše o kosmetické úpravy než hrubé zásahy do základu systému.

6.3 The Boeing Company

Boeing je druhým největším světovým výrobcem letecké techniky na světě. Hlavní sídlo má v Chicagu ve státě Illinois. Firma B&W byla založena Williamem Edwardem Boeingem roku 1916 v Seattlu. Krátce po založení byla přejmenována na Pacific Aero Products a jméno Boeing Airplane Company si osvojila v roce 1917. V tomto roce také získala první významnou zakázku od americké armády.

Duální Electronic Flight Bag

Znamená konec papírů v kokpitu letadla. V současné době je pilotní prostor letadel doslova zahlcen papírovou dokumentací, kterou je nutné s sebou v letadle vozit. Proto se v poslední době stále více dostávají do popředí systémy, jako je například EFB, které významně přispívají k nahrazení papírové dokumentace, a tím i k usnadnění práce posádky. EFB lze využít i při sportovním létání. EFB je v podstatě počítač, ve kterém je dokumentace v elektronické podobě.

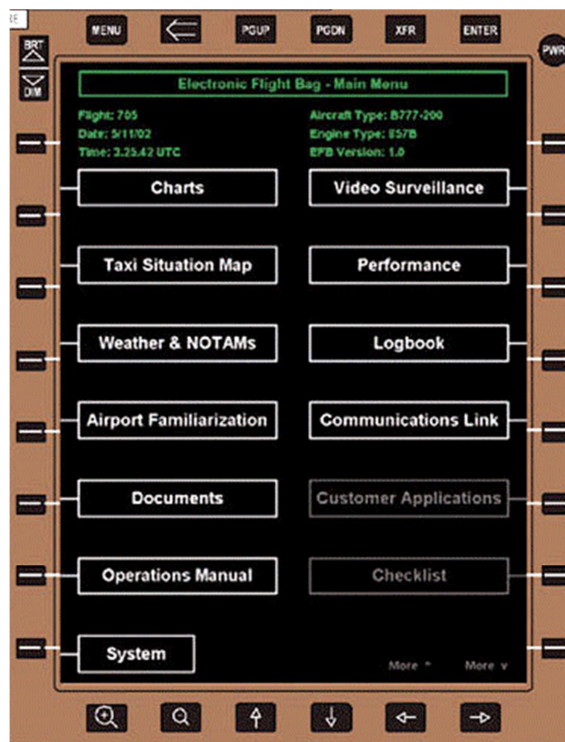
Zařízení EFB se podle JAA/FAA předpisů dělí na tři kategorie:

Kategorie 1 – přenosný systém (klasický notebook, PC tablet)

Kategorie 2 – přenosný s možností uchycení v kokpitu (PC tablet)

Kategorie 3 – pevně instalovaný v avionickém systému letadla

Každá instalace EFB kategorie 2 a 3 do kokpitu letadla musí být schválena leteckým úřadem. Je to z důvodu zásahu do konstrukce letadla a ověření, že EFB nemá negativní vliv na funkci ostatních částí letadla. Pro zařízení kategorie 1 není požadováno žádná certifikace. Software dodávají autorizované společnosti.



Obr 6. 4. Menu EFB firmy Boeing

V dopravních letadlech se dnes používají všechny tři výše popsané kategorie. Vše se odvíjí od pořizovací ceny a provozních nákladů spojených s užíváním systému. Ve všeobecném letectví se nejvíce uplatňují PC tablety kategorie 1.

EFB kategorie 1 poskytují většinou tyto aplikace:

- 1) výpočet výkonových parametrů pro vzlet a přistání
- 2) elektronickou dokumentaci letounu
- 3) elektronické mapy letišť
- 4) výpočet hmotnosti a vyvážení

Je to notebook nebo PC tablet, který je přenosný a není pevně instalovaný v kokpitu. Lze v podstatě použít počítač určený k běžnému komerčnímu použití nebo některý přenosný PC tablet. Pro sportovní létání jsou více využitelné PC tablety pro svou menší velikost a hmotnost.

EFB kategorie 2 mohou poskytovat tyto aplikace:

- 1) výpočet výkonových parametrů pro vzlet a přistání
- 2) elektronická dokumentace letounu
- 3) elektronické mapy (traťové, letištní)
- 4) výpočet hmotnosti a vyvážení
- 5) pohyblivé letištní mapy

EFB kategorie 3:

Firma Boeing v dnešní době nabízí plně integrovaný EFB kategorie 3. První instalace tohoto systému byla provedena pro společnost KLM na jejich letadle Boeing 777. Celé zařízení se skládá ze zobrazovacích jednotek, které jsou zastavěny na levém panelu vedle sedadla kapitána a napravo vedle sedadla druhého pilota.

Tento systém obsahuje tyto aplikace:

1) Výpočet výkonových parametrů

- tato aplikace umožňuje výpočet výkonových parametrů pro vzlet a přistání, tj. stanovení rychlostí V1, VR a V2 vzhledem k ATOW (Actual Take Off Weight – Aktuální vzletová hmotnost), délce a stavu vzletové a přistávací dráhy, tlaku vzduchu a okolní teplotě. V úvahu lze vzít aktuální stav letadla vzhledem k MELu (Minimum Equipment List – Seznam minimálního vybavení). Aplikace dále umožňuje optimální nastavení vzletového výkonu motorů, což významně přispívá k úspoře pohonných hmot a v konečném důsledku i nákladů na údržbu pohonných jednotek.

2) Elektronické dokumenty - aplikace umožňuje posádce vyhledávání a prohlížení provozní dokumentace. Mezi hlavní dokumenty patří: Provozní příručka (Operational manual), Letová příručka (Flight manual), MEL, Příručka pro údržbu (Maintenance manual). Dokumenty jsou nejčastěji ve formátech PDF, GIF a JPG.

3) Elektronické mapy - tato aplikace umožňuje posádce používat navigační mapy Jeppesen v elektronické podobě (JeppView) - traťové mapy, SID a STAR, pojezdové letištní mapy, mapy stání. Mapy je možné pomocí dotykového displeje různě zvětšovat podle potřeby. Změnová služba je provozována společností Jeppesen.

4) Výpočet hmotnosti a vyvážení

- aplikace umožňuje výpočet Load sheetu (formulář, který obsahuje informace o množství paliva, cestujících a nákladu)

5) Pohyblivé letištní mapy

- aplikace umožňuje lokalizovat polohu letadla během pojíždění. Poloha je zobrazovaná na elektronické mapě letiště, což významně usnadňuje pilotům orientaci při pojíždění. Tato aplikace využívá výstup z GPS.

6) Video výstup

- aplikace umožňuje zobrazení obrazů z kamer, které jsou umístěny uvnitř i vně letadla.

6.4 Shrnutí, filozofie

Ze směřování vývoje těchto výrobců je patrné, že se většina vydává stejným nebo podobným směrem. Jednotlivé technologie se sice jinak jmenují, ale v principu funkčnosti jde o totéž. Ať už se jedná o HUD, elektronické checklisty. Všechny tyto prostředky usnadňují práci posádky zejména v kritických fázích letu, jako je například přiblížení za nízké dohlednosti. Proto při správném používání a řádném výcviku zvyšují několikanásobně bezpečnost letového provozu.

7. Návrh výukového programu

Při Tvorbě tohoto výukového systému jsem použil technologii statické tvorby webových stránek - za použití jazyka html a zároveň interaktivity prostředí jazyka flash.

Textová část je shodná s obsahem bakalářské práce, která je rozšířená o videa, obrázky a interaktivní program.

Velkou výhodou je nízká softwarová a hardwarová náročnost. Program je navržen tak, aby byla zajištěna jeho funkčnost i bez přístupu k internetu. Samozřejmě nejsou funkční odkazy a videa. Další výhodou je jednoduchost editovat, popřípadě doplnit další texty, obrázky, videa.

Nevýhodou je nejednotnost jednotlivých internetových prohlížečů, které můžou zobrazovat daný obsah nekorektně. Další nevýhodou je přístup k internetu pro plnohodnotnou funkci celého programu.

Do budoucna je potřeba sledovat vývoj modernizací, udržovat tuto problematiku aktuální a rozšiřovat ji o nové technologie.

8. Zhodnocení cílů

V této bakalářské práci byly vysvětleny základní a obecné principy, které se v problematice leteckých přístrojů vyskytují. Následně byl nastíněn možný vývoj systémů do budoucna. Teoreticky vysvětlené názory a přístupy byly demonstrovány na konkrétních příkladech z reálného leteckého prostředí. V praktické části mé bakalářské práce byl vytvořen výukový program, jehož úlohou je učinit danou problematiku zajímavější a přístupnější lidem svou interaktivní formou.

9. Závěr

Zadaná problematika je natolik rozsáhlá, že několik diplomových prací by nezvládlo obsáhnout veškeré podrobnosti. Proto jsem systémy nepopisoval podrobně a zaměřil se spíše na globální přehled. Ten, koho by zajímaly větší podrobnosti technického zpracování jednotlivých systémů, bude nucen použít odbornou literaturu, která obsahuje požadované informace.

Použitá literatura

- 1: VOLNER, R.: Digitální technologie – elektronické přístrojové systémy, Ediční středisko VŠB – TUO, Ostrava, 2007, 292 stran, ISBN 978 – 80 – 248 – 1640 – 1
- 2: PALLETT, E. H. J.: Aircraft Instruments & Integrated Systems, Pearson Education Limited, Harlow, 1992, 444 stran, ISBN – 978 – 0 – 582 – 08627 – 2
- 3: DENDIS, T., KANDERA, B.: Letecké přístroje II, Žilinská univerzita, Žilina, 2001, 150 stran, ISBN 80 – 7100 – 824 – 9
- 4: VOSECKÝ, S., LUŽICA, Š, JURÁNEK, J. a kol.: Základy leteckých navigačních zařízení, VAAZ Brno, Brno, 1988, 749 stran
- 5: SOLDÁN, V.: Historie a rozvoj palubních přístrojů: 1. díl. Flying Revue. Červenec - Srpen 2010, 4, s. 70 – 73. ISSN 1802 - 9027
- 6: SOLDÁN, V.: Historie a rozvoj palubních přístrojů: 2. díl. Flying Revue. Září – Říjen 2010, 5, s. 72 – 75. ISSN 1802 - 9027
- 7: SOLDÁN, V.: Historie a rozvoj palubních přístrojů: 3. díl. Flying Revue. Listopad – prosinec 2010, 6, s. 76 – 79. ISSN 1802 – 9027
- 8: SMRŽ, V.: Zvyšování bezpečnosti letecké dopravy prostřednictvím eliminace nežádoucích aspektů lidského činitele, habilitační práce, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2007, 117 stran
- 9: http://www.gulfstream.com/product_enhancements/planebook/ (2. 4. 2011)
- 10: <http://www.gulfstream.com/gulfstreamevs/site.htm> (2. 4. 2011)
- 11: <http://www51.honeywell.com/aero/IndustryExpertise/BusinessAviation3/Gulfstream-SVPFD.html> (4. 4. 2011)

12: <http://www.hitl.washington.edu/publications/m-86-1/> (7. 4. 2011)

Obr. 3. 1: <http://www.bigscalemodels.com/planes/sopwith/sopwith.html> (21. 3. 2011)

Obr. 3. 2: <http://www.team-bhp.com/forum/shifting-gears/59670-air-france-plane-goes-missing-228-feared-dead-6.html> (21. 3. 2011)

Obr. 3. 3: <http://www.airliners.net/photo/0704718/> (21. 3. 2011)

Obr. 3. 4: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/185015> (29. 3. 2011)

Obr. 5. 1: <http://flyingchinaman.blogspot.com/2009/05/boeing-737.html> (31. 3. 2011)

Obr. 5. 2: CBT Boeing 777

Obr. 5. 3: CBT Boeing 777

Obr. 6. 1: <http://honeywellnow.files.wordpress.com/2010/05/smartview.jpg> (4. 4. 2011)

Obr. 6. 2: http://www.opgal.com/popup.php?img=../var/img/lego/big/148_1 (4. 4. 2011)

Obr. 6.3: <http://www.airliners.net/photo/Gulfstream-Aerospace-G-IV-X/1338938/> (1. 5. 2011)

Obr. 6. 4: http://biggles-software.com/software/757_tech/boeing/aero_23_efb.htm (1. 5. 2011)